

PLECS *Tutorial*

Introduction to PLECS Standalone

PLECSスタンドアロンの概要

Tutorial Version 1.0

Advancing Automation
**AUTO
ADVANCEMENT**

翻訳:

アドバン オートメーション株式会社
plecs_adva@adv-auto.co.jp www.adv-auto.co.jp

1 はじめに

新しいプログラムに慣れる唯一の方法は、実際に使ってみることです。このチュートリアルでは、2つのサンプル回路を段階的にモデル化し、PLECSの基本機能を説明します。この演習では、次の内容を学習します:

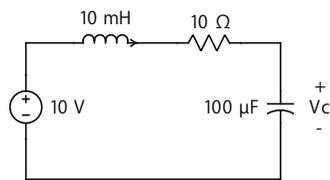
- PLECSライブラリブラウザのコンポーネントを使用して簡単なモデルを作成する方法
- PLECS回路図でコンポーネントを相互接続する方法
- コンポーネントをパラメータ化する方法
- サブシステムを作成する方法
- コントロール付きのマルチドメインモデルを作成する方法
- プローブブロックを使用する方法

始める前に 始める前に、PLECS Standaloneがインストールされていることを確認し、演習の各段階で独自のモデルと比較できる参照ファイルがあることを確認してください。

2 シンプルなパッシブネットワークの構築

最初にモデル化する電気システムは、[図1](#)に示すような単純なRLCネットワークです。キャパシタはRL分岐を介してDC電圧源によって充電され、その電圧は電圧計で監視されます。

図1: 単純なRLCネットワーク



あなたのタスク: PLECSを起動します。プログラムがロードされると、PLECSライブラリブラウザが表示されます。PLECSにサンプル回路を入力するには、ライブラリブラウザの**ファイル**メニューから**新規作成**を選択する必要があります。

黄色い表示の回路図ウィンドウはモデリングのインタフェースです。ライブラリには、回路を作成できるさまざまなコンポーネントがあります。使用可能なライブラリを参照して、どのコンポーネントが使用可能かを確認できます。ライブラリブラウザの**ウィンドウ**メニューから、または**Ctrl + L**を押すことで、いつでも回路図ウィンドウを表示することができます(Macユーザの場合、以降のすべてのショートカットでは**Ctrl**ではなく**Cmd**を使用します)。

コンポーネント

回路の構築に必要なコンポーネントは、ライブラリブラウザから回路図ウィンドウにドラッグアンドドロップする必要があります。回路図ウィンドウにすでに存在するコンポーネントを複製する場合は、**Ctrl**キーを押したまま、コンポーネントを新しい場所にドラッグアンドドロップするか、マウスの右ボタンを使用します(もちろん、通常どおりコンポーネントを選択して**コピーアンドペースト**することもできます)。

RLCネットワークを構築するために必要な電気コンポーネントは、"電気回路ブロック"のサブライブラリの"電源"、"測定メーター"、"受動素子"にあります。"PLECSスコープ"コンポーネントは、"システムブロック"ライブラリにあります。ブロック名の横にある矢印をクリックするか、コンポーネントを参照する代わりに、検索バーに必要なコンポーネントの最初の文字を入力して検索することもできます。たとえば、scと入力するとスコープが表示され、resと入力すると使用可能な抵抗器などがすべて表示されます。

信号

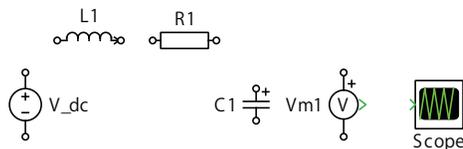
PLECSは、電気部品を接続するために使用する電気接続(黒線)に加えて、単一方向信号も扱います。信号は緑色で表示し、方向を示す矢印が付いています。これらの信号は、測定値やスイッチのトリガパルスなどの非電気情報を伝送します。信号は計算に使用したり、PLECSスコープに表示することができます。電気接続をPLECSスコープに直接入力することはできません。必ず最初に電圧計または電流計を使用して電気量を信号に変換する必要があります。



あなたのタスク:

- 1 [図2](#)に示すように、ライブラリから"DC 電圧源"、"インダクタ"、"抵抗器"、"キャパシタ"、"電圧計"、"PLECSスコープ"の各コンポーネントを回路図ウィンドウにドラッグアンドドロップします。
- 2 必要なコンポーネントは、マウスの左ボタンで移動できます。選択したコンポーネントを回転するには、**Ctrl + R**キーを押します。水平方向に反転するには、**Ctrl + F**キーを押します。垂直方向に反転するには、**Ctrl + I**キーを押します。これらの機能はすべて、**書式**メニューから、またはコンポーネントを右クリックしてアクセスすることもできます。

図2: RLCネットワークのコンポーネント



すべてのコンポーネントを回路図ウィンドウにコピーすると、モデルは参照モデルrlc_network_1.plecsと同じになります。

接続

現在の回路図の各コンポーネントには、端子を表す小さな円または緑の矢印が付いています。マウスポインタをその端子に近づけると、ポインタの形状が矢印から十字に変わります。ここで、マウスの左ボタンを押したままにすると、接続を別のコンポーネントにドラッグできるようになります。別の端子または同じ接続タイプの既存の接続に近づくと、ポインタの形状が二重十字に変わります。マウスボタンを放すとすぐに、新しい接続が作成されます。

既存の接続から分岐接続を作成するには、マウスカーソルをその上に置き、**Ctrl**キーを押しながら、分岐を開始する方向にカーソルをクリックしてドラッグします。

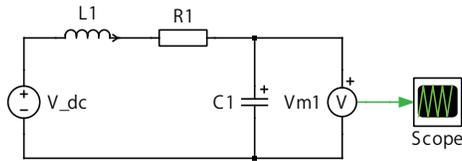


あなたのタスク: コンポーネントを相互接続してRLC回路を完成させます。次に、電圧計の出力端子をPLECSスコープの入力端子に接続します。



この段階では、[図3](#)のように、モデルは参照モデルrlc_network_2.plecsと同じになるはずで

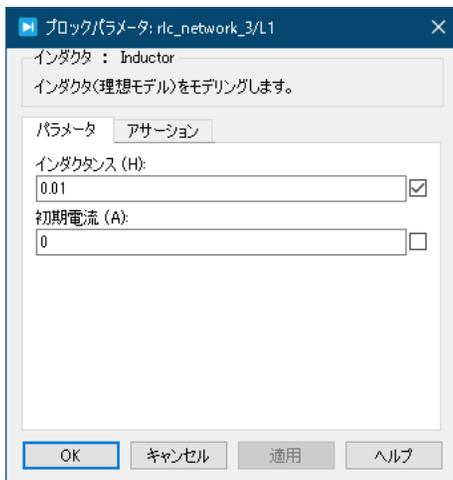
図3: PLECSスコープ付きRLCネットワーク



コンポーネントのパラメータ

各コンポーネントは、自動的に選択される一意の名前で識別されます。必要に応じて、回路図内のコンポーネントをダブルクリックしてこの名前を変更できます。これはドキュメント化のみを目的としており、シミュレーションには影響しません。一方、パラメータはより重要です。パラメータは、たとえばインダクタのインダクタンス、キャパシタの静電容量、またはDC 電圧の電圧を決定します。コンポーネントのアイコンをダブルクリックすると、[図4](#)に示すように、これらのパラメータを設定できるダイアログウィンドウが開きます。

図4: インダクタのパラメータダイアログウィンドウ



各パラメータフィールドの右側にチェックボックスがあることに注意してください。このチェックボックスをオンにすると、パラメータ値が回路図上にで表示されます。これにより、回路図から直接コンポーネントのパラメータを表示および編集できます。回路図に不要なテキストが表示されないようにするには、コンポーネントの最も重要なパラメータのみを表示させるのが望ましいです。

単位

PLECS は、カスタム変数として文字列が使用できるため、単位を認識しません。したがって、ユーザは変数のスケールが正しいことを確認する必要があります。パワーエレクトロニクスでは、SI単位系の使用が推奨されます。たとえば、インダクタンス値には10mHではなく、10e-3または0.001を使用します。電力システムでは、"単位あたり"の数量を扱う方が適切である場合があります。



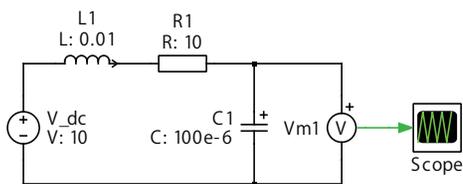
あなたのタスク:

- 1 RLCネットワークの各コンポーネントをダブルクリックして、パラメータダイアログウィンドウを表示します。次に、DC 電圧源の**電圧**を10、インダクタの**インダクタンス**を0.01、抵抗の**抵抗**を10、キャパシタの**容量**を100e-6に設定します。
- 2 これらのパラメータの横にあるチェックボックスをオンにすると、回路図上に表示されます。
- 3 インダクタとキャパシタには、それぞれ初期電流や初期電圧などの追加のパラメータがあります。これらの値は両方ともデフォルトのゼロのままにしておきます。



この段階では、[図5](#)のように、モデルは参照モデルrlc_network_3.plecsと同じになっているはずです。

図5: パラメータ付きRLCネットワーク



シミュレーション

シミュレーション時間、ソルバのタイプ、ソルバオプション、モデル初期化コマンドなどのシミュレーションパラメータは、**シミュレーションメニュー**の**シミュレーションパラメータ**ダイアログウィンドウにあります。このダイアログは、キーボードショートカット**Ctrl + E**を使用して開くこともできます。



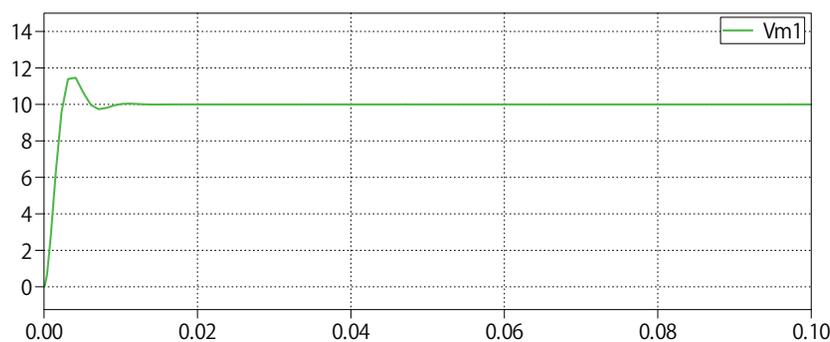
あなたのタスク:

- 1 シミュレーションパラメータ ウィンドウを開き、シミュレーションの**終了時間**を0.1に設定します。他のパラメータはデフォルト値のままにします。
- 2 次に、**シミュレーションメニュー**から**開始**を選択するか、**Ctrl + T**を押してシミュレーションを開始します。



得られるシミュレーション結果は、[図6](#)と同じになるはずです。

図6: RLCネットワークキャパシタ電圧のシミュレーション結果



制御ブロックの追加

静的電気モデルを強化するために、動的な動作を追加することができます。パルス電圧を印加すると、この例のキャパシタがどのように充電および放電するかを観察してみましょう。



あなたのタスク:

- 1 回路図で、"DC 電圧源"コンポーネントを削除し、"電圧源(可変)"ブロックに置き換えます。このブロックは、制御器ブロックドメインからの任意の信号を入力として受け入れます。
- 2 "パルス発生器"コンポーネントを電圧源(可変)の左側にドラッグアンドドロップします。**High-state出力**を10に、**周波数**を25に設定します。他のすべてのパラメータはデフォルト値のままにします。
- 3 パルス発生器ブロックの出力端子を制御電圧源の入力端子に接続します。
- 4 次に、"マルチプレクサ"コンポーネントを電圧計ブロックとPLECSスコープブロックの間にドラッグアンドドロップし、**入力数**を2に設定します。
- 5 パルス発生器と電圧計の出力を、マルチプレクサを使用してPLECSスコープに接続します。
- 6 シミュレーションを開始します。



この段階では、モデルは図7のように参照モデルrlc_network_final.plecsと同じになっているはずです。得られるシミュレーション結果は、図8と同じになるはずです。

図7: パルス電圧源を備えたRLCネットワーク

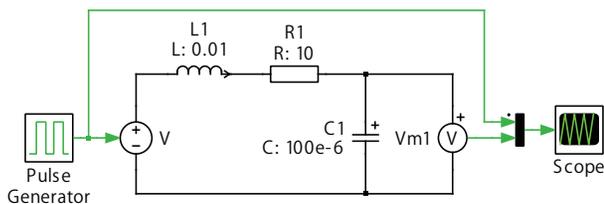
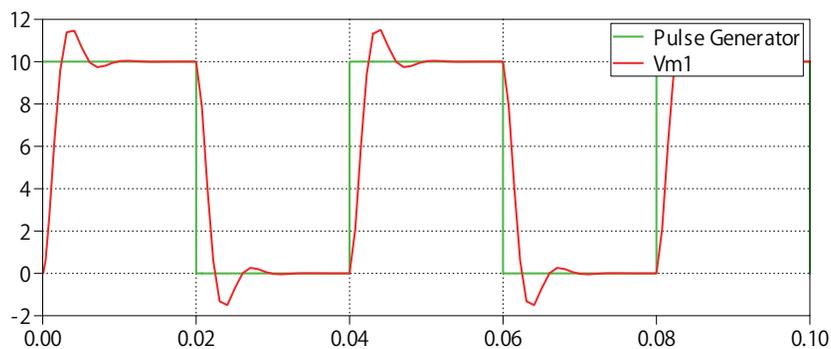


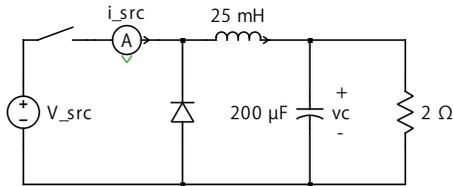
図8: 動的刺激を伴うRLCネットワークのシミュレーション結果



3 降圧コンバータ

次に、このセクションでは、理想スイッチの概念を紹介します。図9に示す降圧コンバータと閉ループコントローラを構築します。

図9: 降圧コンバータの回路図



スイッチ

図9に示す降圧コンバータの場合、トランジスタは、一方向にのみ電流を流すことができることに念頭に置き、制御可能なスイッチ、または理想的なIGBTやMOSFETコンポーネントを使用してモデル化できます。また、フリーホイールダイオードも必要です。ダイオードは、両端の電圧が正になると閉じ、ダイオードを流れる電流が負になると開くスイッチです。

"ダイオード(理想モデル)"は"電気回路ブロック"の"パワー半導体"ライブラリにあり、"スイッチ(シングル)"は"電気回路ブロック"の"理想スイッチ"ライブラリにあります。これら2つのライブラリのすべてのコンポーネントは、オン抵抗がゼロ(オプションで追加可能)でオフ抵抗が無限大の理想スイッチに基づいています。スイッチは瞬時に開閉します。詳細については、ライブラリ内の任意のコンポーネントを右クリックし、ヘルプを選択してください。

スイッチは外部信号によって制御されます。ゼロ以外の入力ではスイッチは閉じ、信号がゼロに戻るとスイッチは開きます。



あなたのタスク:

- 1 新しい回路図ウィンドウを開き、ライブラリから"スイッチ(シングル)"および"ダイオード(理想モデル)"コンポーネントをこのウィンドウにドラッグアンドドロップします。
- 2 図10に示すように、降圧コンバータの残りの電気部品を組み立てます。

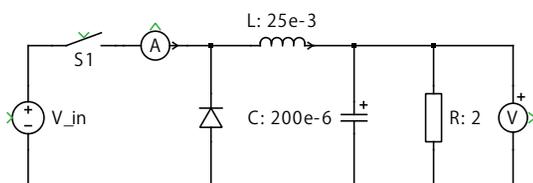


注意: 回路図上のコンポーネントの名前を非表示にするには、コンポーネントを右クリックし、**ブロックの配置**メニューから**名前の表示**のチェックを外すか、キーボードショートカット**Ctrl + Shift + N**を使用します。



この段階では、モデルは参照モデルbuck_converter_1.plecsと同じになるはずですが。

図10: 降圧コンバータの電気部品



サブシステム

すべてのモデルの特定の部分を互いに分離することができます(この場合は電気部分と制御部分など)。これはシミュレーション結果には影響しませんが、システム全体をより構造化します。サブシステムを使用すると、モデルを明確に表示でき、デバッグが容易になります。



あなたのタスク:

- 1 [図10](#)に示す回路が完成したら、すべてのコンポーネントを選択します(回路図の左上隅の空白部分をクリックしてフレームを右下隅にドラッグするか、キーボードショートカット**Ctrl + A**を使用します)。
- 2 編集メニューから**サブシステムの作成**をクリックするか、キーボードショートカット**Ctrl + G**を使用して、新しいサブシステムを作成します。または選択したコンポーネントの1つを右クリックし、**サブシステムの作成**を選択します。これで、電気コンポーネントは"Sub"という新しいサブシステムに含まれるはずですが。
- 3 必要に応じて、サブシステムの名前は"Circuit"などに変更できます。



注意: サブシステムアイコンのサイズは、選択した角の1つをドラッグすることで変更できます。名前ラベルはクリックしてアイコンの境界または角にドラッグすることで、別の位置に移動することもできます。

信号ポート

サブシステム内に含まれるものを外部の回路図に接続するには、サブシステムにポートを配置する必要があります。



あなたのタスク:

- 1 サブシステムをダブルクリックして開き、2つの"入力信号ポート"と2つの"出力信号ポート"をサブシステム回路図にドラッグします。
- 2 入力信号ポートをそれぞれ"電圧源(可変)"と"スイッチ(シングル)"に接続します。
- 3 出力信号ポートをそれぞれ"電圧計"と"電流計"に接続します。
- 4 必要に応じて、信号ポートの名前を変更します。



注意: サブシステム回路図にドラッグしたポートごとに、サブシステムアイコンに新しい端子が表示されます。これらの端子をアイコンのフレームに沿って移動するには、**Shift**キーを押しながらマウスでドラッグします。



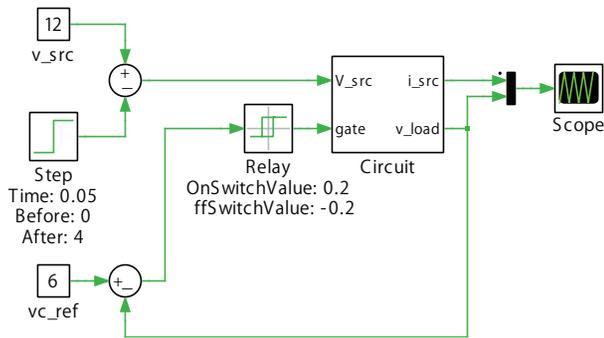
この段階では、モデルは参照モデルbuck_converter_2.plecsと同じになるはずですが。

制御

降圧コンバータでは、キャパシタ電圧を約6Vの±0.2Vの範囲に維持するヒステリシスタイプの制御を実装します。これには、"定数"ブロックを基準設定点として使用し、測定した負荷電圧をフィードバックすることが含まれます。次に、設定値と測定電圧の差としてエラー信号が生成され、これが"制御リレー"ブロックに供給され、その出力がスイッチへのゲート信号となります。ここでの制御方式は、負荷電圧が5.8Vを下回るとスイッチへのゲート信号を

Highに設定し、電圧が6.2Vを超えるとゲート信号をLowに設定します。インダクタを流れる電流を調整しているだけで、キャパシタの充電状態も調整されています。

図11: ヒステリシス制御を備えた降圧コンバータ



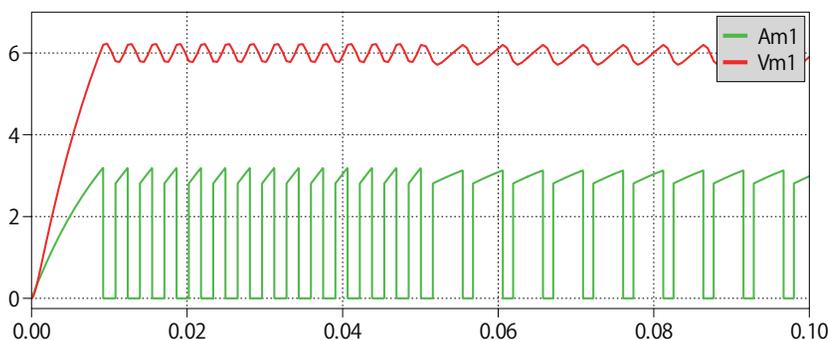
あなたのタスク:

- 1 "制御器ブロック"の"不連続"から"制御リレー"、"数学"から"加算(円形)"、"シグナルソース"から"定数"ブロックを回路図ウィンドウにドラッグ アンド ドロップします。
- 2 図11に示すコントローラを構築します。
- 3 少し面白くするために、シミュレーション中に入力電圧に12Vから8Vへのステップ変化を適用します。
- 4 シミュレーションの**終了時間**を 0.1秒に設定し、シミュレーションを開始します。



この段階では、モデルは参照モデルbuck_converter_3.plecsと同じになるはずですが、得られるシミュレーション結果は、図12と同じになるはずですが。

図12: ヒステリシス制御を備えた降圧コンバータのシミュレーション結果



プローブ

信号を測定するために電流計や電圧計のコンポーネントを使用する代わりに、PLECSプローブブロックを使用して信号を測定することもできます。このコンポーネントは、不要な接続を減らすことでモデルを整理するのに役立ち、他の方法では測定が難しい量にアクセスできるようにします。コンポーネントをPLECSプローブブロックに関連付けるには、回路図で対象のコンポーネントをその上にドラッグし、矢印が表示されたらマウスを放します。

接続しているワイヤも移動しますが心配しないでください。これを正しく実行していれば、マウスを放すとすぐに、ドラッグしていたコンポーネントは元の位置に戻ります。PLECSプローブブロックをダブルクリックし、開いたProbe Editorウィンドウに対象のコンポーネントをドラッグすることもできます。



あなたのタスク:

- 1 "システムブロック"ライブラリから"PLECSプローブ"ブロックを回路図ウィンドウにドラッグアンドドロップします。
- 2 "Circuit"サブシステムの"電圧源(可変)"コンポーネントと"抵抗器"コンポーネントをPLECSプローブブロックに関連付けます。
- 3 component signalsの**電源 電流と抵抗器 電圧**をそれぞれ選択します(右側のチェックボックス)。
- 4 PLECSスコープのスコープウィンドウのプロットを右クリックして**プロットを上**に挿入を選択し、2番目のプロットを追加します。
- 5 PLECSプローブの出力端子を、PLECSスコープブロックの新しく作成された入力端子に接続します。
- 6 シミュレーションを開始します。上部と下部のプロットが同一であることがわかります。



この段階では、モデルは参照モデルbuck_converter_final.plecsと同じになるはずですが。

4 デモモデル

PLECSで最初のモデルを構築したら、PLECSに付属するデモ モデルを確認することをお勧めします。**ウィンドウメニュー**から**PLECSデモ モデル**を選択して、デモモデルブラウザを開きます。

改訂履歴:

Tutorial Version 1.0 Tutorial Version 1.0 初版



Pleximへの連絡方法:

☎	+41 44 533 51 00	Phone
	+41 44 533 51 01	Fax
✉	Plexim GmbH Technoparkstrasse 1 8005 Zurich Switzerland	Mail
@	info@plexim.com	Email
	http://www.plexim.com	Web



アドバンオートメーションへの連絡方法:

☎	+81 3 5282 7047	Phone
	+81 3 5282 0808	Fax
✉	ADVAN AUTOMATION CO.,LTD 1-9-5 Uchikanda, Chiyoda-ku Tokyo, 101-0047 Japan	Mail
@	plecs_adva@adv-auto.co.jp	Email
	https://adv-auto.co.jp/	Web

PLECS Tutorial

© 2002–2022 by Plexim GmbH

このマニュアルに記載されているソフトウェアPLECSは、ライセンス契約に基づいて提供されています。ソフトウェアは、ライセンス契約の条件の下でのみ使用またはコピーできます。Plexim GmbHの事前の書面による同意なしに、このマニュアルのいかなる部分も、いかなる形式でもコピーまたは複製することはできません。

PLECSはPlexim GmbHの登録商標です。MATLAB、Simulink、およびSimulink Coderは、The MathWorks, Inc.の登録商標です。その他の製品名またはブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。